

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DEL PASTO (*Pennisetum purpureum* Schumach), VARIEDAD TAIWÁN EN CHIAPAS, MÉXICO

AGROECOLOGICAL ZONING OF GRASS (*Pennisetum purpureum* Schumach) TAIWAN VARIETY, IN CHIAPAS, MEXICO

Vázquez-González, A.¹; González-Mancillas, R.^{2*}

¹Universidad Popular de la Chontalpa. Carretera Cárdenas-Huimanguillo, km. 2, R/a, Paso y Playa. H. Cárdenas, Tabasco, México. ²Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) – División de Estudios Investigación y Posgrado (DEPI). Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5. Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27170. Tel. 01 871 750 71 98.

*Autor para correspondencia: rgonzalez@colpos.mx.

RESUMEN

El uso de pastos de corte en México, se ha adoptado como una alternativa para afrontar y disminuir el impacto negativo de las épocas críticas del año sobre la producción bovina de carne y leche. Se determinaron las zonas agroecológicas aptas para establecer el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), en el estado de Chiapas. Se analizaron las variables temperatura (máxima y mínima) y precipitación de 136 estaciones meteorológicas, definiendo cuatro tipos de zona: Muy Apto (MA), Apto (A), marginalmente Apto (mA) y No Apto (NA) por exceso o déficit térmicos e hídricos. Para el suelo se consideró la fertilidad, profundidad, textura, pH, salinidad y drenaje para definir las zonas aptas. Se elaboraron mapas mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG). Con los resultados del análisis de temperatura y precipitación, se realizó el álgebra de mapas, obteniendo la zonificación agroclimática, definiendo 3, 919 158.53 hectáreas con aptitud A. En lo referente al recurso del suelo se encontró 1, 158 318.01 hectáreas con nivel Muy Apto (MA). Al realizar el álgebra de mapas entre las aptitudes óptimas climáticas y edafológicas, se obtuvo que en Chiapas existen 785, 487.37 ha, siendo el 10.65% de la superficie total del estado con aptitud edafoclimática Muy Apto para establecer el pasto Taiwán.

Palabras clave: Forraje, suelos, temperaturas, pasto, trópico seco.

ABSTRACT

The use of cutting grasses in México has been adopted as an alternative to face and decrease the negative impact of the critical times of the year on the production of beef and milk. The agroecological zones that are apt to establish Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) in the state of Chiapas were determined. The following variables were analyzed: temperature (maximum and minimum) and precipitation, from 136 meteorological stations, defining four types of zones: Very Apt (MA), Apt (A), Marginally Apt (mA) and Not Apt (NA) from thermic and hydric excess of deficit. For the soil, the following were considered: fertility, depth, texture, pH, salinity and drainage to define the apt zones. The maps were elaborated through the Geographic Information System (SIG). With the results from the analysis of temperature and precipitation, the map algebra was performed, thus obtaining the agroclimatic zoning and defining 3, 919 158.53 hectares with aptitude A. Referring to the soil resource, 1, 158 318.01 hectares were found with Very Apt (MA) level. When performing the map algebra between the optimal climatic and soil aptitudes, it was obtained that in Chiapas there are 785, 487.37 ha, with 10.65 % of the total surface in the state having Very Apt soil-climate aptitude to establish Taiwan grass.

Keywords: fodder, soils, temperatures, grass, dry tropics.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 2, febrero. 2017. pp: 25-32.

Recibido: marzo, 2016. **Aceptado:** noviembre, 2016.

INTRODUCCIÓN

El pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) es una especie forrajera muy importante en las zonas tropicales, debido a su alta producción de biomasa y si se cosecha en el momento adecuado puede suministrar alta cantidad de nutrientes (Araya y Boschini, 2005), sin embargo, la calidad se ve afectada por intervalos de corte, como registraron Zetina-Córdoba et al. (2013) mencionando que la proteína y digestibilidad disminuyen respecto a la madures fisiológica del pasto. Son muchos los factores determinantes para su crecimiento y su composición química, entre ellos se citan factores propios de la planta (especie, edad, morfología), factores ambientales (temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo) y factores de manejo, que el hombre ejerce sobre el pasto (Pírela, 2005). En los diversos reportes científicos se observa una variación amplia en cuanto a rendimientos, esto se debe a la falta de comprensión que se tienen respecto a las áreas con mayor aptitud agroecológica para establecer el cultivo. Para mejorar el rendimiento y calidad del forraje la FAO recomienda establecerlo en zonas optimas, para ello es necesario la Zonificación Agro-ecológica (ZAE), que consiste en analizar las unidades de suelos y clima (Temperatura y precipitación), y los requerimientos bioclimáticos de la planta, mejorando de esta manera su calidad en rendimiento y nutrientes (FAO, 1997). Es por ello, que el objetivo de este estudio fue determinar las zonas con mayor aptitud agroecológica para establecer el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en el estado de Chiapas, ello permitirá definir las zonas óptimas para obtener máximos rendimientos y calidad del forraje.

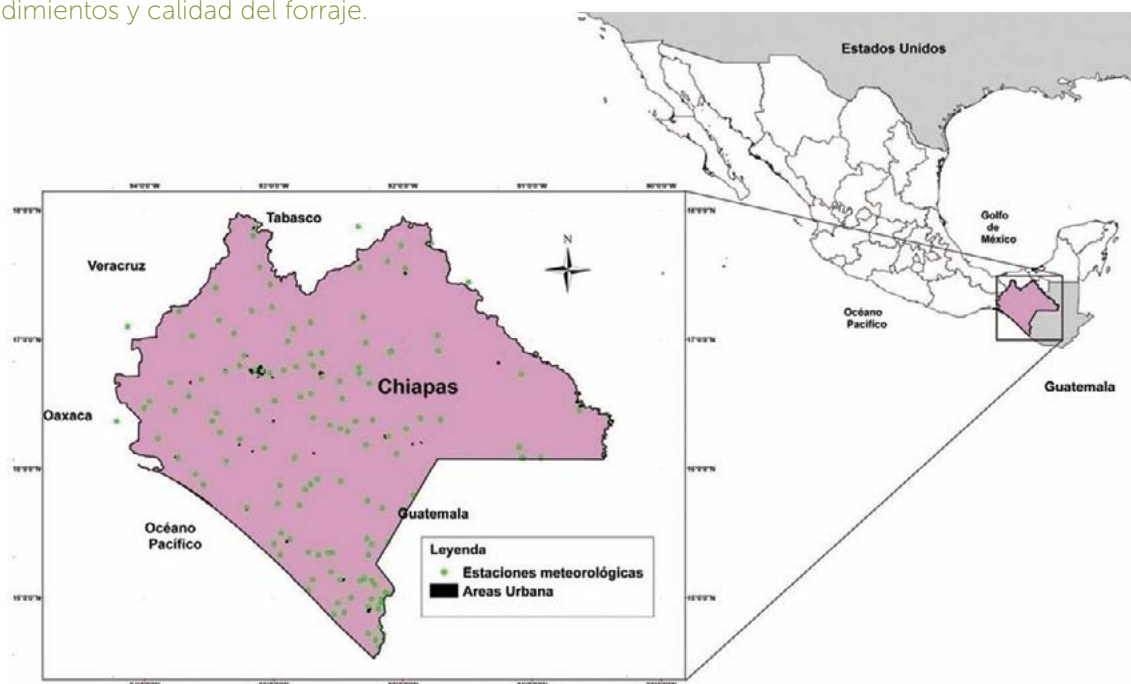
MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió el estado de Chiapas, México (17°59' y 14°32' N y 90°22' y 94°14' O), con una superficie territorial de 73,681 km² (Figura 1). La temperatura promedio más alta es de 30 °C y la mínima de 17.5 °C; la precipitación total anual varía, dependiendo de la región, de 1200 mm a 4000 mm (CONAGUA, 2011), y 54% de su territorio presenta clima Cálido húmedo, 40% Cálido subhúmedo, 3% Templado húmedo, 3% Templado subhúmedo (García, 2004).

Para conocer las zonas de alta potencialidad del pasto Taiwán (*P. purpureum*) se utilizó la metodología de Zonificación Agro-ecológica (ZAE) propuesta por la FAO (FAO, 1997) y el de *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA), (Fischer et al., 2012). Para ello se definieron cuatro tipos de aptitud: Muy Apto (MA), Apto (A), Marginalmente Apto (mA) y No Apto (NA). En esta investigación las variables que se consideraron para determinar las zonas con alto potencial productivo fueron clima (precipitación y temperatura) y suelo, por la relación directa que guarda con el rendimiento y la calidad pasto. Con el propósito de conocer la aptitud climática, se consideraron los requerimientos bioclimáticos del pasto Taiwán reportados por la FAO y CIAT (ECROCROP, 1994; Michael et al., 2010) (Cuadro 1).

La realización de la Zonificación Agroclimática se utilizó la base de datos del programa ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica), (IMTA, 2009) y la Comi-

Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Chiapas, México, y distribución espacial de las estaciones meteorológicas.



sión Nacional del Agua (CONAGUA, 2011), reportando para el estado de Chiapas 312 estaciones meteorológicas, sin embargo, para este estudio únicamente se seleccionaron 136 estaciones ya que el resto presenta inconsistencia en sus datos (Figura 1). De las estaciones seleccionadas se creó la base de datos de clima, considerando para ello la información de series históricas a nivel diario de precipitación, temperaturas máximas y mínimas correspondientes al período 1922 a 2013.

Requerimientos edafológicos para establecer *P. purpureum* en Chiapas

La segunda fase del procedimiento de Zonificación Agro-ecológica (ZAE) propuesto por FAO, (1997) y Fischer *et al.* (2012), en el cual se hace la evaluación del recurso suelo con base al gradiente de sus fertilidades de sus subunidades. Para ello se analizaron 403 perfiles de suelos con profundidades de 0.20 m a 1.5 m, abarcando las siguientes cartas topográficas del INEGI con escalas a 1:50000; siendo las siguientes claves D1502 (Huixtla), D1505 (Tapachula), E1508 (Villahermosa), E1509 (Tenosique), E1510D15 (Juchitán), E1511 (Tuxtla Gutiérrez) y E1512D153 (Las Margaritas). Con ello se realizó la estimación de la fertilidad de suelo, basándose en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SE-MARNAT-2000 (SEMARNAT, 2000 y Bastidas, 2000), cuyas propiedades

edafológicas se compararon con las que requiere el pasto Taiwán, de acuerdo con las recomendaciones de FAO y CIAT (ECOCROP, 1994; Michael *et al.*, 2010) (Cuadro 2).

Software usado para la manipulación cartográfica

El Software que se utilizó para la elaboración de cartografía fue el programa ArcMap GIS (ESRI, 2004), el cual consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática igual a los requeridos por el pasto Taiwán, a los cuales se les denominó áreas con aptitudes óptimas. De acuerdo con el Cuadro 1 se construyeron mapas a escala 1:250000 de precipitación y temperatura media, utilizando el método de interpolación espacial, el cual utiliza puntos de un valor conocido para estimar los valores de otros puntos. Para el cálculo de isolíneas de este trabajo se realizó con el método de interpolación Kriging Universal, incluido dentro del pro-

grama ArcMap 9.3, debido a que asocia al término de Mejor Predictor Lineal Inssegado (MPLI) y es el más adecuado en el sentido de que minimiza la varianza del error en la predicción (Castro *et al.*, 2010) y este método fue utilizado por González *et al.* (2015) para realizar la zonificación adafoclimática del cultivo de *Jatropha curcas* en el estado de Tabasco, México.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aptitud de las térmica

El pasto *P. purpureum*, variedad Taiwán se desarrolla bien a temperaturas superiores de 18 °C, sin embargo, no son los mejores rendimientos, mismos que se registran en zonas de entre 29 °C a 37 °C, ya que valores superiores se puede presentar estrés alterando su fisiología y composición química reduciendo calidad y digestibilidad, como también las temperaturas menores de 15 °C altera la fisiología del pasto y provoca que tenga un lento crecimiento, baja producción de bioma-

Cuadro 2. Aptitud edafológica para definir zonas potenciales productivas para establecer *Pennisetum purpureum* en Chiapas, México.

Variable	Óptima	Absoluto
PH	6 7.5	4.5 8.2
Salinidad	Bajo (<4 ds/m)	Alta (>10 ds/m)
Fertilidad	Alta	Bajo
Textura	Media	Pesado, y ligera
Drenaje	Bien drenado	Moderadamente seco
Profundidad	>150cm	20-50cm

FAO ECOCROP (1994), Michael *et al.* (2010).

Cuadro 1. Aptitud agroclimática para definir zonas con alto potencial productivo para el establecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) en el estado de Chiapas, México.

Aptitud		Precipitación (mm)	Aptitud		Temperatura (°C)
NA	No apto por déficit	< 800	NA	No apto	< 15
mA	Marginalmente Apto por déficit	800 ≤ 1150	mA	Marginalmente apto	18 ≤ 29
A	Apto	1150 ≤ 2400	A	Apto	29 ≤ 37
mA	Marginalmente Apto por exceso	2400 ≤ 4000	NA	No apto	> 37
NA	No apto por exceso	> 4000			

sa y bajo valor nutritivo. La Figura 2 representa las zonas para establecer a *P. purpureum* variedad Taiwán en el cual el estado de Chiapas cuenta con una superficie de 6 213 879.26 hectáreas con Aptitud Apto (A), equivalente a 84.33% de la superficie total del estado, estudios realizados por Rengsirikul *et al.* (2013) reportan rendimiento de 52 t ms ha año⁻¹ considerando el rango de temperatura promedio de 29 °C, incluido dentro del rango de aptitud óptima. Con respecto a la aptitud marginalmente Apto (mA) se calcularon 977 056.14 hectáreas representando el 13.26% de la superficie total del estado, sin embargo los rendimientos para esta zona son relativamente bajos, ya que estudios realizados por De Oliveira *et al.* (2007) y Vázquez *et al.* (2008) reportaron rendimientos de 12.7 y 16.2 t ms ha año⁻¹, ambos estudios la temperatura estuvo en el rango marginalmente Apto; y con 173 505.31 hectáreas con aptitud No Apto (NA), equivalente a 2.35% de la superficie restante del estado, esto debido a valores de temperatura menores a 15 °C registrados.

Aptitud de las precipitaciones medias

La Figura 3 presenta la distribución espacial de la precipitación media, en el cual se observa que en el estado de Chiapas existe una superficie de 4 658 989.63 hectáreas con aptitud Apto (A), desde el punto de vista hídrico para cultivar *P. purpureum*, variedad Taiwán, equivalente a 63.23% de la superficie total, y se registraron 2 463 530.05 hectáreas con aptitud marginalmente Apto (mA) por déficit y por exceso de precipitación, representado 33.43% y 241 920.85 hectáreas con aptitud No Apto (NA) equivalente al 3.28% de la superficie total del estado. La satisfacción de los requerimientos hídricos del pasto Taiwán ejerce efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos, debido a su estrecha relación que tiene con los factores fisiológicos y químicos. El *P. purpureum* variedad Taiwán alcanza su mejor producción de biomasa con precipitaciones promedio de (1150 ≤ 2400 mm), estudios realizados con este

pasto en Ochomogo, Costa Rica registran rendimientos de 72.47 t ms ha año⁻¹ teniendo una precipitación promedio de 2050 mm (Araya y Boschini *et al.*, 2005), en contraste otro estudio realizado en donde la precipitación media durante el experimento fue de 1200 mm, el rendimiento disminuyó notablemente a 35.42 t ms ha año⁻¹ (Viera *et al.*, 2013). Por su adaptabilidad el pasto Taiwán se puede cultivar con precipitaciones menores, pero entre menor sea la precipitación menor será la producción y calidad del forraje, al igual que con precipitaciones mayores a 2400 mm la producción y calidad del forraje se va reduciendo, por debajo de los 800 mm el pasto no desarrolla y su producción no es favorable.

Aptitud Agroclimática

Con los resultados del análisis climático de las 136 estaciones meteorológicas se realizó el álgebra de mapas de temperatura (Figura 2) y precipitación (Figura 3), con el

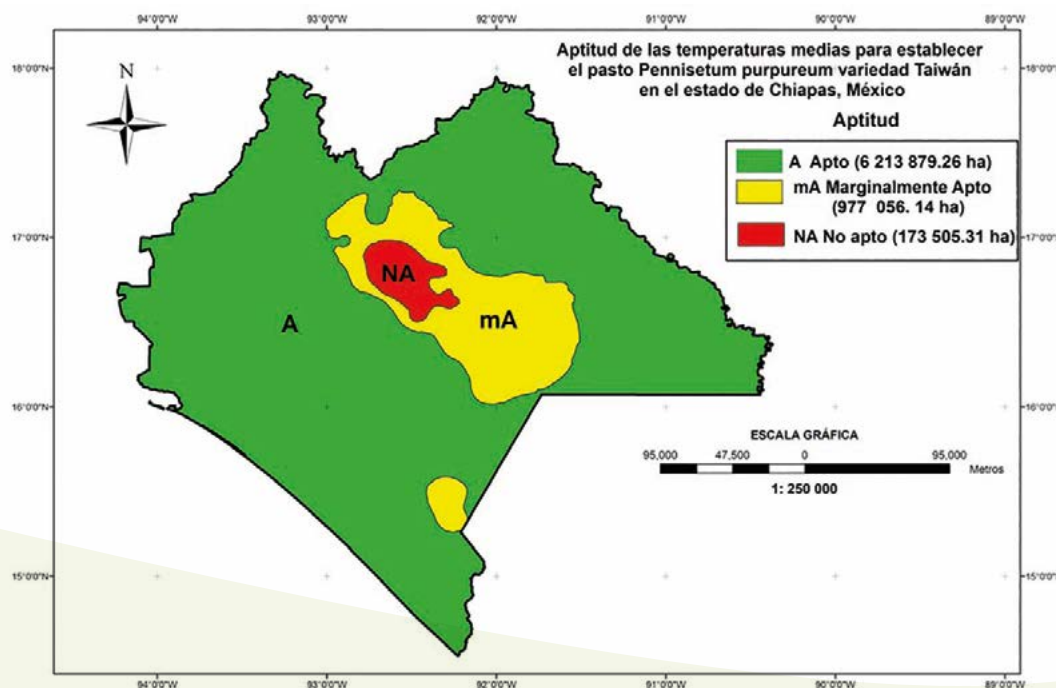


Figura 2. Distribución espacial de la temperatura óptima para establecer *P. purpureum* variedad Taiwán en Chiapas, México.

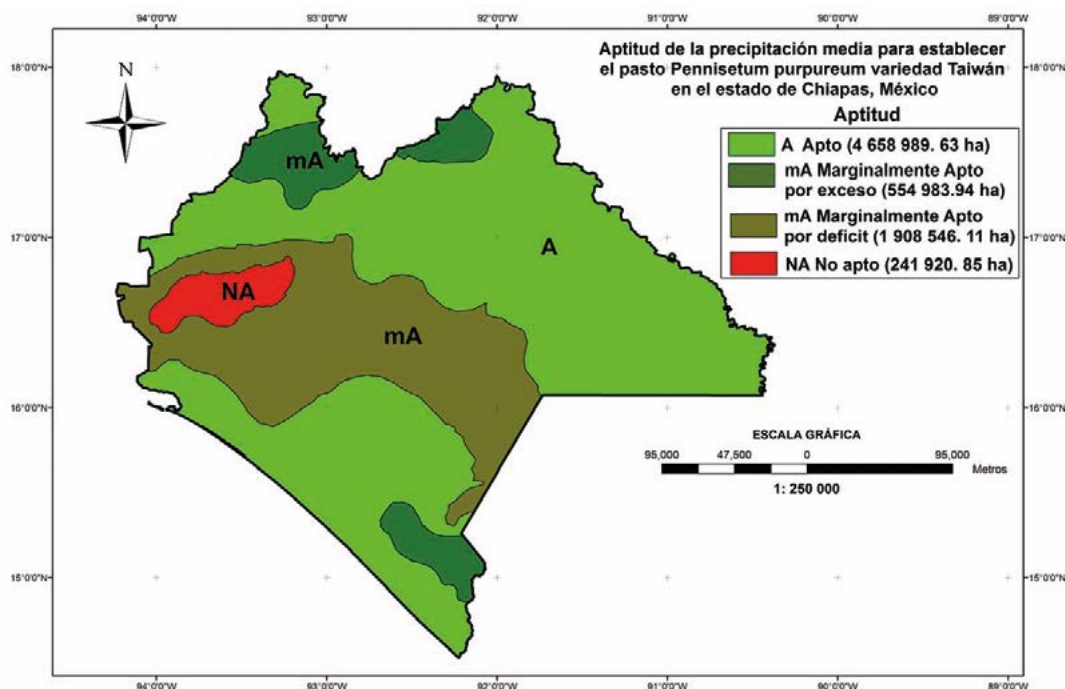


Figura 3. Distribución espacial de la precipitación óptima para establecer el pasto *P. purpureum* variedad Taiwán en Chiapas, México.

cual se obtuvieron las áreas con alto potencial agroclimático Apto (A), para el establecimiento del pasto Taiwán en el estado de Chiapas, las cuales abarcan 3 919 158.53 hectáreas representando el 53.21%, seguida por la aptitud marginalmente Apto (mA), abarcando un superficie de 3 029 856.3 hectáreas representando

el 41.12% y con 415 426.16 hectáreas correspondió a la zona No Apta (NA) siendo un porcentaje de 5.6% de la superficie total del estado (Figura 4). En estudios realizados con el pasto Taiwán por Will y Valle (1990), registraron rendimientos de 55 t ms ha año⁻¹, dicha investigación se llevó a cabo con una temperatura pro-

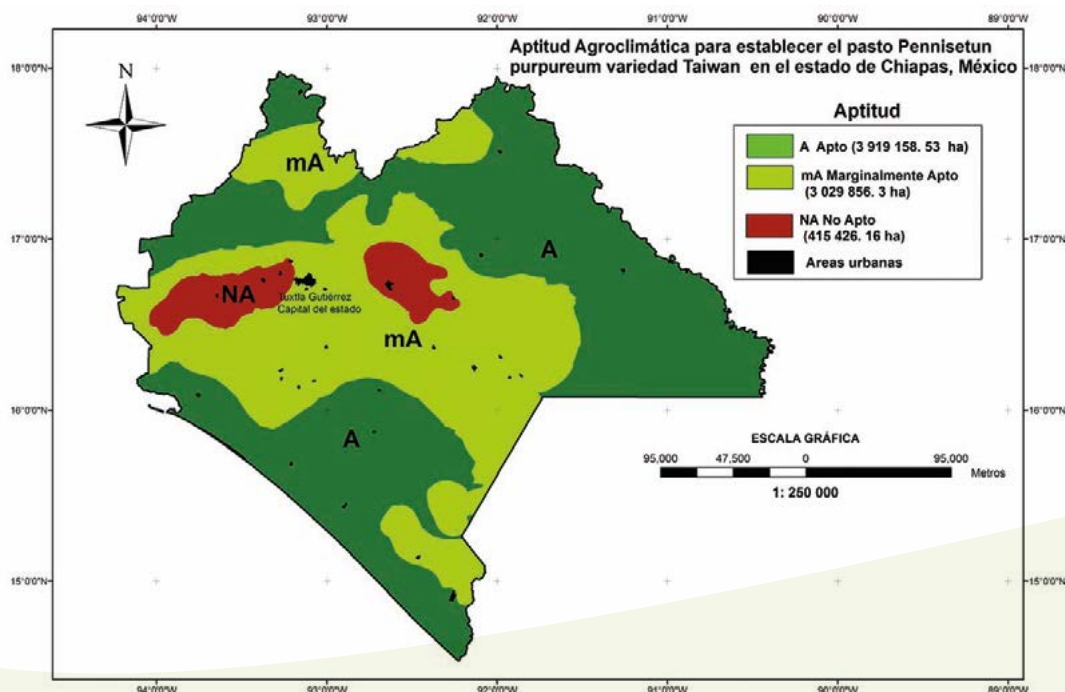


Figura 4. Zonificación agroclimática para establecer el *P. purpureum*, variedad Taiwán en Chiapas, México.

medio de 27 °C, mientras que Vázquez *et al.* (2010), con precipitaciones de 1243 mm obtuvo rendimientos de 22.8 t ms ha año⁻¹. Así también Araya y Boschini (2005), obtuvieron un rendimiento de 72.47 t ms ha año⁻¹, con precipitaciones promedio de 2050 mm y una temperatura de media 19 °C, estos rendimientos son inferiores al rendimiento potencial que el pasto puede alcanzar en su madurez fisiológica de 90 t ms ha año⁻¹.

Aptitud edafológica

Con los 403 perfiles de suelos, se realizó el álgebra de mapas con las sub unidades de suelos reportados por el INEGI (1993), y para el estado de Chiapas se encontraron 36 subunidades, de las cuales, dos de ellas presentaron alto potencial productivo Muy Apto (A) (Cuadro 3), que en conjunto sumaron 1158318.01 hectáreas equivalente al 15.7% de la superficie total del estado y ocho subunidades presentaron potencial productivo Apto (A), lo que sumaron una superficie de 2654145 hectáreas representando el 36% del territorio total del estado (Figura 5). La fertilidad de los suelos incrementa notablemente el rendimiento y la calidad de los forrajes, en su estudio Vázquez *et al.* (2010), con aplicación de fertilizante obtuvieron rendimientos de 22,847 t t ms ha año⁻¹, sin embargo Viera *et al.* (2013), encontró ren-

dimientos de 35.42 t ms ha año⁻¹, en un suelo de fertilidad alta. Ejemplificando algunas subunidades de suelo como Solonchak* y Vertisol* no son aptas debido a que la primera, la mayor parte del año está inundado y la segunda es un suelo con gran cantidad de piedras, y debido a ello la formación de raíces se ve limitado, llevando con ello una mala calidad y muerte del pasto.

Aptitud edafoclimática

Al realizar el álgebra de mapas de áreas con alto potencial agroclimático (Figura 4) y edafológico (Figura 5), se obtuvo la zonificación edafoclimática (clima y suelo) del estado de Chiapas, obteniendo 785487.37 hectáreas con potencial productivo Muy Apto (MA), equivalente al 10.65% del territorio total del estado, mientras que con un potencial productivo Apto (A) existen 1521439.44 hectáreas, equivalente a 20.64%, encontrando también para las zonas Marginalmente Apto (mA) 4104656.83 hectáreas, representando el 55.7%, y para las zonas No Apto (NA), 957459.02 hectáreas, equivalente al 12.99% de la superficie total del estado (Figura 6). Los máximos rendimientos potenciales del cultivo están estrechamente relacionado con la fertilidad del suelo y clima (temperatura y precipitación), ejemplificado un estudio de Vázquez *et al.* (2010), con aplicación de fertilizante obtuvieron rendimientos de 22,847 t ms ha año⁻¹, con precipitación pro-

Cuadro 3. Subunidades de los suelos que se encuentran en el estado de Chiapas, México, para la Zonificación edafológica de *P. purpureum*, variedad Taiwán.

Clave	Subunidad de suelos		Fase Fis.	Clave	Subunidad de suelos		Fase. Fis.
Ah+Bd+Nd/2	Acrisol***	húmico	Lítica	Lo+Be/3/L	Luvisol***	órtico	Lítica
Ao+Ah+I/3	Acrisol**	órtico	Lítica	Lp+Lc+Qc/1	Luvisol***	plíntico	
Ap+Qc/1	Acrisol**	plíntico		Lv+Lc+I/3	Luvisol*	vírtico	
Bc+Be+Re/2	Cambisol****	crómico	Lítica	Nd+Ao+Bd/3	Nitosol***	dístrico	
Bd+Hh+Re/2/L	Cambisol**	dístrico	Lítica	Ne+Ao+I/3	Nitosol***	eútrico	
Be+Bc+Re/2	Cambisol*	eútrico	Lítica	P/E	Nitosol**	eútrico 2	
Bk+Lc/2/L	Cambisol*	cálcico	Lítica	Rc+Hc+I/2/G	Regosol**	calcáreo	Gravosa
Bv+Ao+Je/2	Cambisol*	vírtico	Lítica	Rd+Bd/2/G	Regosol**	dístrico	Gravosa
E+Hc+Lc/2/L	Rendzina****		Lítica	Re+Ao+Be/2/L	Regosol***	eútrico	Lítica
Ge+Gm+Jg/1	Gleysol*	eútrico		Re+Zg/1/n	Regosol***	eútrico2	
Gv+Ge+Vp/3	Gleysol*	vírtico		Th+Ah/2	Andosol***	húmico	
Hh+Re+I/2/L	Feozem***	háplico	Lítica	Tm/1	Andosol**	mólico	
I+E+Ao/2	Litosol**			To+Th+I/2	Andosol**	ótrico	
La+Ah/3	Luvisol**	álbico		Vp+E+I/3	Vertisol**	pélico.	
Lc+Ao/3	Luvisol**	crómico	Lítica	Vp+Gv/3	Vertisol**	pélico	
Lf+I+E/3	Luvisol**	férrico		Vp+Hh/3	Vertisol*	pélico	Pedregosa
Lg/3	Luvisol**	gléyico		Wm+Be+Hh/2	Planosol*	mólico	
Lk+Lv+I/3	Luvisol*	cálcico		Zg+Be/2/n	Solonchak*	gléyico	

****Muy Aptos (MA) ***Apto (A) **Moderadamente Apto (mA) *No Apto (NA).

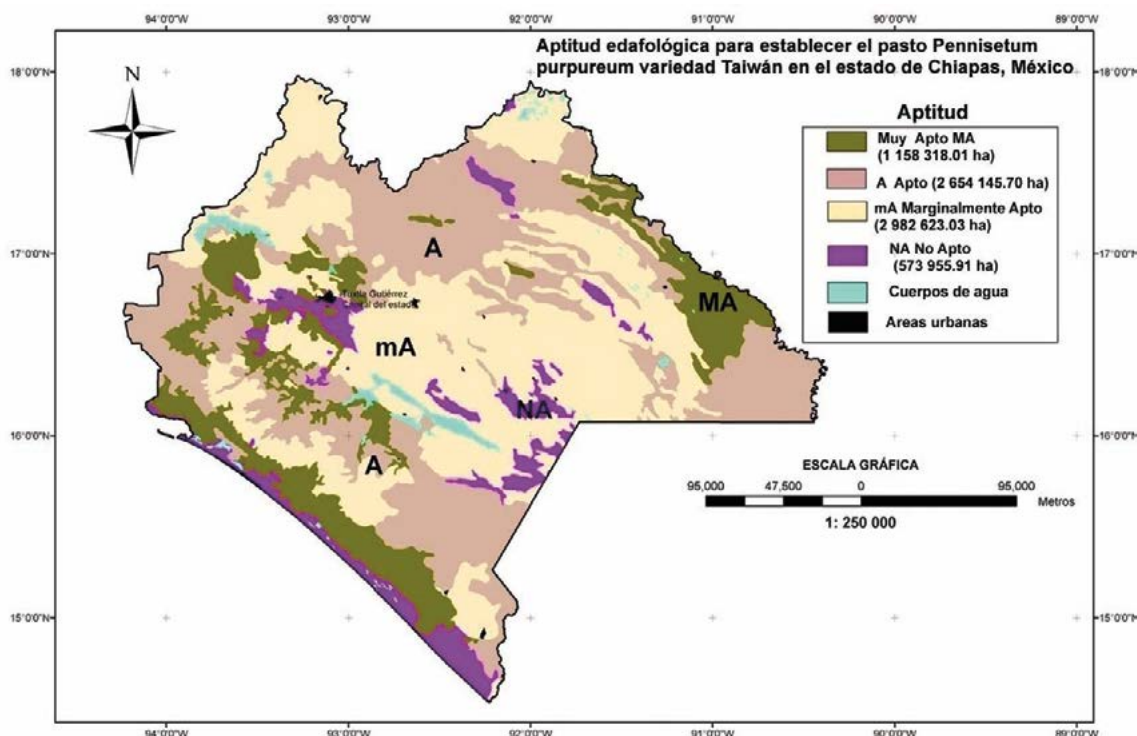


Figura 5. Zonificación edafológica para establecer *P. purpureum*, variedad Taiwán en Chiapas, México.

medio de 1243 mm y uso de riego en épocas de seca, sin embargo la temperatura media donde se realizó el estudio fue de 18 °C siendo marginalmente Apto, es por ello su bajo rendimiento, ya que el cultivo no satisface sus requerimientos térmicos.

CONCLUSIONES

En el estado de Chiapas existen 3 919 158.53 hectáreas con potencial agroclimático Apto (A), seguido por la aptitud marginalmente Apto con 3 029 856.3 hectá-

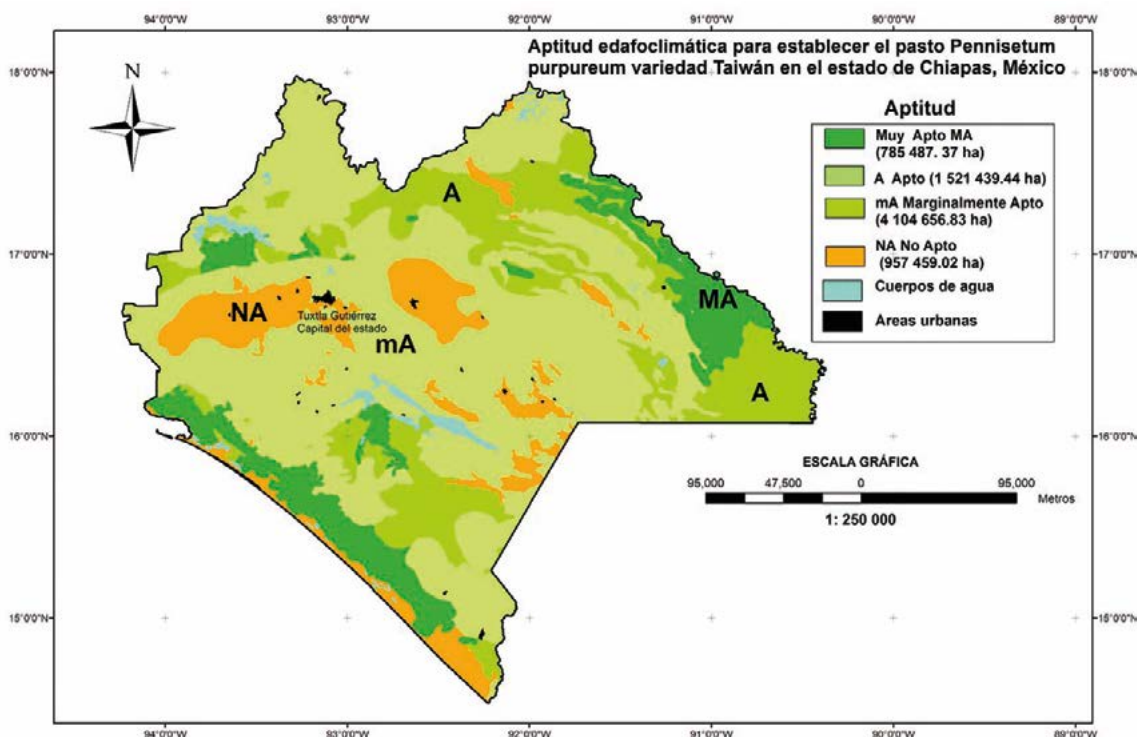


Figura 6. Aptitud edafoclimática para establecer a *P. purpureum*, variedad Taiwán en Chiapas, México.

reas y el resto del estado es No Apta (NA) localizadas en la parte de los altos y noroeste. Así también existe una superficie de 1 158 318.01 hectáreas, con potencial edafológico Muy Apto(A) y 2 654 145.70 hectáreas con aptitud Apto (A). Para las áreas con potencial edafoclimático Muy Apto (MA) existen 785 487.37 hectáreas y 1 521 439.44 hectáreas, con aptitud Apto (A), las zonas con aptitud marginalmente Apto (mA) presento 4 104 656.83 hectáreas y el resto son zonas con aptitud No Apta (NA), localizados en la región de los altos de Chiapas, noroeste y la partes de la costa.

LITERATURA CITADA

- Araya M.M., Boschini C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 16(1): 37-46.
- Bastidas A. 2000. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos en pendientes inferiores a 25% Boconó, Estado de Trujillo. *Geoenseñanza*. 5(2): 229-246.
- Castro F., Pezzopane J.E., Cecilio R.A., Pezzopane J.R.M., Xavier A.C. 2010. Avaliacao do desempenhos diferentes metodos de interpoladores para parametros do balanço hidroclicmatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 14(8): 871-880.
- CONAGUA. 2011. Estadística del agua en México, Ed. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales, México D.F. 185 pp.
- De oliveira N., T., M.V., Dos santos F., M. Lira D., A.C. De mello L., R.L. Ferreira C., J.C. Debeux J. 2007. Métodos de avaliação de disponibilidade de forragem em clones de *Pennisetum* sp. sobpastejo. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*. 2(2): 168-173.
- ESRI. 2004. Environmental System Research Institute. ArcGIS. 9.3. Getting Started With ArcGIS Sistema de Información. USA.
- FAO ECOCROP. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy. [http://www.ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm: Consultado en febrero de 2015].
- FAO. 1997. Zonificación agro-ecológica. Guía general. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín de Suelos. Núm. 73. Roma, Italia. 96 pp.
- Fischer G., Nachtergaele F., Prieler S., Teixeira E., Toth G., Harrij V., Verelst L., Wiberg D. 2012. Global Agro-Ecological Zones (GAEZ v3.0), International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 196 pp.
- García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6. Instituto de Geografía, UNAM, México. 98 pp.
- González M.R., Juárez L.J.F., Aceves N.L.A., Ribera H.B., Guerrero PA. 2015. Zonificación edafoclimática para el cultivo de *Jatropha curcas* L., en Tabasco México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del instituto de geografía UNAM*. 86: 25-37.
- IMTA. 2009. Eric III. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ERIC III. Extractor Rápido de Información Climatológica. V.21.0. CD [cd-rom].
- INEGI. 1993. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Carta edafológica, escala 1: 250 000. Segunda impresión, Aguascalientes, Ags., México.
- Michael P., Franco, L.H. Schmidt A., Hincapié B. 2010. Especies forrajeras multipropósito opciones para productores del trópico americano. *Boletín CIAT Cali. Colombia*. 222 pp.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de la fertilidad, Salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis.
- Pírela M.F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de ganadería doble propósito. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 182 pp.
- Rengsirikul K., Ishii Y., Kangvansaichol K., Sripichitt P., Punsuvon V., Vaithanomsat P., Ganda Nakamanee G., Tudsri S. 2013. Biomass Yield, Chemical Composition and Potential Ethanol Yields of 8 Cultivars of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) Harvested 3-Monthly in Central Thailand. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*. 3: 107-112.
- Vázquez N.M., Solano J.J.V., Vázquez R.R., Orihuela T.A., Aguirre F.V., Flores P. Fl. 2008a. Producción de forraje invernal de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* shum) en Morelos México. *Investigación Agropecuaria*. 5(2): 213-220.
- Vázquez N. M., Solano J.J.J., Vázquez R.R., Orihuela T.A., Aguirre F. V., Flores F.I. 2010b. Comportamiento productivo de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* schum) en el subtrópico. 1. En condiciones de riego. *Investigación Agropecuaria*. 7(1): 21-26.
- Viera D.M., De Andrade L.M., Ferreira D. M.V., Carneiro L.A., Viana E. 2013. Adaptabilidad y estabilidad de producción de forrajes por medios de diferentes metodologías en selecciones de clones *Pennisetum* sp. Universidad Federal Rural de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Ciencias Agrarias*. 8(4): 681-686.
- Will M.J., Valle A.G. 1990. Comportamiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), fertilizado con efluente de biogás en época de máxima precipitación pluvial. *Agronomía Mesoamericana*. (1): 69-72.
- Zetina-Córdoba P., Ortega C.M. E., Ortega J.E., Herrera H.J.G., Sánchez T-E. M. T., Reta M.J.L., Vilaboa A.J., Munguía A.G. 2013. Effect of cutting interval of Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) and partial substitution with duckweed (*Lemna* sp. and *Spirodela* sp.) on intake, digestibility and ruminal fermentation of Pelibuey lambs. *Livestock Science*. 157: 471-477.